

(51) Int.Cl.⁶
F 16 H 15/38
B 21 D 53/10

識別記号 庁内整理番号

F I
F 16 H 15/38
B 21 D 53/10

技術表示箇所
A

審査請求 未請求 請求項の数7 O.L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平8-70603

(22)出願日 平成8年(1996)3月26日

(71)出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(72)発明者 内山典子
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(72)発明者 木野伸郎
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(72)発明者 松本隆
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(74)代理人 弁理士 小塩豊

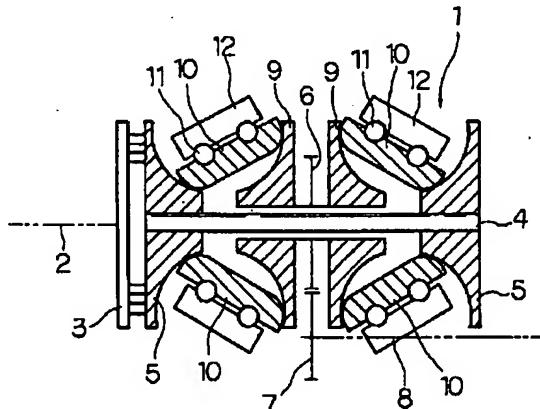
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 トロイダル式無段変速機用転動体およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 転動面の陥没を大幅に低減することができ、転動寿命をより一層向上させたトロイダル式無段変速機用転動体を提供する。

【解決手段】 潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体(入力ディスク5、出力ディスク9、パワーローラ10)を用いたトロイダル式無段変速機1において転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、あるいは、高周波焼き入れを施し、あるいは、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施したのちさらに高周波焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下であるようにする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後にバニシング加工が施されていて、最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下となっていることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項2】潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ高周波焼き入れ後にバニシング加工が施されていて、最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下となっていることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項3】潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後さらに高周波焼き入れした後にバニシング加工が施されていて、最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下となっていることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項4】潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下であるようにすることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項5】潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと高周波焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下であるようにすることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項6】潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、さらに高周波焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下であるようにすることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項7】バニシング加工は、ボールまたはローラを押しつけて転がすことにより材料を加工硬化させて強化し、予め、実働時と同等の最大せん断応力τ₀を実働時と同等のZ₀位置付近に発生させる条件（工具形状、

2

押しつけ荷重等）で行うことにより、Z₀位置近傍に微小な塑性変形および残留オーステナイトの加工誘起変態を実働前に生じさせてZ₀深さ近傍を強化させて転動面陥没による寸法精度の低下を抑制して転動疲労寿命を向上させるものである請求項4ないし6のいずれかに記載のトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車などの車両やその他の回転動力源等において、無段変速機として使用することが可能であるトロイダル式（転がり式）無段変速機を構成する転動体およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】自動車などの車両において使用される変速機としては、従来の3段や4段などの有段変速機に代えて、無段変速機を採用する試みもなされており、数年前より一部実用化されて市販されているものもある（“新型車解説書 NISSANマーチ”平成4年1月 日産自動車株式会社 編集発行C-9頁～C-48頁）。

【0003】この無段変速機は、連続的に変速するため、燃費、動力性能が向上すること、変速ショックがないこと、等の特徴を持っており、その構造によって、ベルト式とトロイダル式の2つに大別される。

【0004】その中で、トロイダル式の無段変速機は、図1に示すように、潤滑油を介して接触する金属製転動体を用いた構造を有するものであって、このトロイダル式無段変速機1は、入力軸2に接続したローディングカム3および連結軸4を介して一体で回転する入力ディスク5、5を備えていると共に、歯車6、7を介して出力軸8を回転させる出力ディスク9、9を備え、入力ディスク5、5と出力ディスク9、9との間にパワーローラ10、10、10、10を設け、各パワーローラ10はボールベアリング11を介して各々支持体12により支持された構造を有するものである。

【0005】そして、このトロイダル式無段変速機1では、入力ディスク5と出力ディスク9との間で挟まれたパワーローラ10の傾きを変化させ、入出力ディスク5、9の相対回転速度を変えて変速しつつ、入力軸2から出力軸8へと動力を伝達する仕組みになっている（特開平1-229158号など）。

【0006】このようなトロイダル式無段変速機1の金属製転動体（5、9、10）においては、トルクを伝達するために入力ディスク5に対しローディングカム3によって荷重を加えるようにしているので、転動面に高い面圧が負荷されることから、転動体内部の深い位置に高いせん断応力が発生する。そのため、有効硬化層深さが2mm以下と浅い場合、最大せん断応力の深さに対する安全率が小さくなり、転がり疲労寿命が低下してしまう

ことになる。そこで、従来の場合においては、機械構造用鋼に浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ等の表面硬化処理を施すことによって深い硬化層を得るようにしていった（特開平7-71555号など）。

【0007】しかしながら、転動体の転動面では最大4GPa程度にまで達する高い面圧を受けることから、最大せん断応力発生深さZ₀近傍位置では微小な塑性変形が起こり、転動面が陥没して変速性能が損なわれたり、最大せん断応力発生深さZ₀近傍位置を起点とする亀裂が発生して剥離に至ったりすることがあるという問題点があったことから、このような問題点を解決することが課題としてあった。

【0008】

【発明の目的】本発明は、上記した課題にかんがみてなされたものであって、機械構造用鋼を素材とし、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れまたは高周波焼き入れ等の表面硬化処理を行った後にバニシング加工を施すことで転動面の陥没を低減し、長寿命のトロイダル式無段変速機用転動体を提供することを目的としているものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体は、請求項1に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後にバニシング加工が施されていて、最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下となっている構成としたことを特徴としている。

【0010】同じく、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体は、請求項2に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ高周波焼き入れ後にバニシング加工が施されていて、最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下となっている構成としたことを特徴としている。

【0011】同じく、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体は、請求項3に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後さらに高周波焼き入れした後にバニシング加工が施されていて、最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下となっている構成としたことを特徴としている。

【0012】また、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法は、請求項4に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製

造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下であるようにする構成としたことを特徴としている。

【0013】同じく、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法は、請求項5に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと高周波焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下であるようにする構成としたことを特徴としている。

【0014】同じく、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法は、請求項6に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を

20 製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、さらに高周波焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下であるようにする構成としたことを特徴としている。

【0015】そして、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法の実施態様においては、請求項7に記載しているように、バニシング加工は、ボールまたはローラを押しつけて転がすことにより材料を加工

30 硬化させて強化し、予め、実働時と同等の最大せん断応力τ₀を実働時と同等のZ₀位置付近に発生させる条件（工具形状、押しつけ荷重等）で行うことにより、Z₀位置近傍に微小な塑性変形および残留オーステナイトの加工誘起変態を実働前に生じさせてZ₀深さ近傍を強化させて転動面陥没による寸法精度の低下を抑制して転動疲労寿命を向上させるものであるようにしたことを特徴としている。

【0016】

【発明の作用】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体は、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし、且つ、請求項1に記載の発明では浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後に、また、請求項2に記載の発明では、高周波焼き入れ後に、さらにまた、請求項3に記載の発明では、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後さらに高周波焼き入れした後に、バニシング加工が施されていて、最大せん断応力深さZ₀位置での硬度がHV750以上860以下となっていることを特徴とするものであり、また、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法は、潤滑油を介

50

して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと、請求項4に記載の発明では、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、また、請求項5に記載の発明では、高周波焼き入れを施し、さらにまた、請求項6に記載の発明では、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、さらに高周波焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さ Z_0 位置での硬度がHV750以上860以下であるようにすることを特徴とするものであるが、このような構成とした理由について作用と共に説明する。なお、以下の説明において、トロイダル式無段変速機の実働時の最大面圧のときには転動体内に発生する水平および垂直方向に働く最大せん断応力を τ_0 、最大せん断応力の発生深さを Z_0 で表わす。

【0017】図1に例示したようなトロイダル式無段変速機の転動体の転動面では、高い面圧が繰り返し負荷されるため、内部の Z_0 位置 ($Z_0 \geq 0, 2\text{ mm}$) にせん断応力の最大値 τ_0 がくる。そのため、 Z_0 位置近傍では微小な塑性変形が起こり、転動面が陥没して変速性能が損なわれたり、最大せん断応力発生深さ Z_0 位置近傍を起点とする亀裂が発生して、剥離を招く原因となる。

【0018】一方、バニシング加工は、ボールまたはローラを鋼材に押しつけ、転がすことにより材料を加工硬化させ、強化する作用があるが、予め、実働時と同等の最大せん断応力 τ_0 を実働時と同等の Z_0 位置付近に発生させるような条件（工具形状、押しつけ荷重等）で行うことにより、 Z_0 位置近傍に微小な塑性変形および残留オーステナイトの加工誘起変態を実働前に生じさせ、 Z_0 深さ近傍を強化させ、転動面陥没による寸法精度の低下を抑制し、転動疲労寿命を向上させる作用がある。

【0019】次に、転動体の最大せん断応力発生深さ (Z_0 位置の硬さ) : HV750≤ビッカース硬さ≤HV860とした限定理由について述べると、 Z_0 位置での硬さがHV750未満であると、実働時に塑性変形を生じるため、内部亀裂の発生や陥没を十分に低減できないためである。一方、 Z_0 位置での硬さがHV860をこえると、過度に塑性変形や加工硬化が生じるため、材料が脆化し、曲げ疲労強度および転動疲労強度が低下し、寿命が短いものになってしまうためである。

【0020】

【発明の効果】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体では、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし、且つ、請求項1に記載の発明では、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後に、また、請求項2に記載の発明では、高周波焼き入れ後に、さらにまた、請求項3に記載の発明では、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後さらに高周波焼き入れした後に、

バニシング加工が施されていて、最大せん断応力深さ Z_0 位置での硬度がHV750以上860以下となっている構成としたから、転動体の実働以前に、 Z_0 位置近傍に微小な塑性変形および残留オーステナイトの加工誘起変態を生じさせることができとなり、 Z_0 深さ近傍をさらに強化することが可能となつて実働時における転動面の陥没を大幅に低減することが可能となり、転動面の陥没による寸法精度の低下を抑制することが可能となり、かつまた、内部起点の剥離や割れの発生を著しく低減することが可能となつて、転動疲労寿命をより一層向上させたトロイダル式無段変速機用転動体とすることが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0021】そして、請求項1に記載しているような浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを採用したときでも、また、請求項2に記載しているような高周波焼き入れを採用したときでも、あるいは請求項3に記載しているような浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れ後さらに高周波焼き入れを採用したときでも、それぞれの焼き入れ方法がもつ特長を活かしたうえで、いずれのときにも、転動疲労寿命をより一層向上させたトロイダル式無段変速機用転動体とすることが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0022】また、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法では、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと、請求項4に記載の発明では、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、また、請求項5に記載の発明では、高周波焼き入れを施し、さらにまた、請求項6に記載の発明では、浸炭焼き入れまたは浸炭窒化焼き入れを施し、さらに高周波焼き入れを施し、その後バニシング加工を施して転動体の最大せん断応力深さ Z_0 位置での硬度がHV750以上860以下である構成としたから、請求項1ないし3に記載したごとき転動寿命がより一層向上したトロイダル式無段変速機用転動体を製造することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0023】

【実施例】この実施例においては、先に説明した図1のトロイダル式無段変速機1に適用した場合について述べる。すでに説明したように、図1に示すトロイダル式無段変速機1は、金属製転動体である入力ディスク5、出力ディスク9およびパワーローラ10を1組とし、必要とされる動力伝達能力により1組ないし複数組（本実施例の場合は2組）から構成される。

【0024】これらの金属製転動体である入力ディスク5、出力ディスク9およびパワーローラ10において、いずれも表1および表2に示すように機械構造用鋼（JISに制定された機械構造用炭素鋼であるSC、機械構造用合金鋼であるSNC、SNCM、SCr、SCN、

SMn、SMnCなどがある)を用い、この実施例では、SCM420H、SCM440H、S55Cを使用した。

【0025】鋼材を部品形状に機械加工した後、SCM420Hには図2に示す表面硬化熱処理条件の浸炭焼き入れまたは図3に示す表面硬化熱処理条件の浸炭窒化焼き入れを施し、S55Cには図4に示す表面硬化熱処理条件の高周波焼き入れを施し、SCM440Hには図5に示す表面硬化熱処理条件の浸炭焼き入れおよび高周波焼き入れまたは図6に示す表面硬化熱処理条件の浸炭窒化焼き入れおよび高周波焼き入れを行った。

【0026】そして、各条件で表面硬化処理を行った *

* 後、同じく表1および表2に示す条件でバニシング加工を施し、さらに、転動面の表面粗さをRa=0.03μm程度に仕上げて、表3および表4に示すバニシング後転動面Zo位置での硬度を有する入出力ディスク5、9およびパワーローラ10の作製を行った。

【0027】次に、これらの転動体を図1に示した様に組み付けてトロイダル式無段変速機1とし、表5に示す試験条件で耐久試験を実施した。

【0028】このときの試験結果(陥没深さ、剥離寿命)と同じく表3および表4に示す。

【0029】

【表1】

番号	鋼種	表面硬化処理	バニシング条件			
			工具形状	工具半径 rx (mm)	工具半径 ry (mm)	押し付け荷重 (kgf)
1	SCM420H	浸炭(図2)	ボール	1.0	1.0	250
2	SCM420H	浸炭(図2)	ボール	1.0	1.0	300
3	SCM420H	浸炭(図2)	ボール	1.0	1.0	400
4	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	3.2	3	350
5	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	3.2	3	450
6	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	2.0	6	400
7	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	2.0	6	500
8	SCM420H	浸炭窒化(図3)	ボール	1.0	1.0	400
9	SCM420H	浸炭窒化(図3)	ローラ	3.2	3	450
10	SCM420H	浸炭窒化(図3)	ローラ	2.0	6	400
例11	S55C	高周波(図4)	ボール	1.0	1.0	300
12	S55C	高周波(図4)	ローラ	3.2	3	400
13	S55C	高周波(図4)	ローラ	2.0	6	450
14	SCM440H	浸炭+高周波(図5)	ボール	1.0	1.0	350
15	SCM440H	浸炭+高周波(図5)	ローラ	3.2	3	400
16	SCM440H	浸炭+高周波(図5)	ローラ	2.0	6	350
17	SCM440H	浸炭窒化+高周波(図6)	ボール	1.0	1.0	300
18	SCM440H	浸炭窒化+高周波(図6)	ローラ	3.2	3	350
19	SCM440H	浸炭窒化+高周波(図6)	ローラ	2.0	6	450

【0030】

※※【表2】

番号	鋼種	表面硬化処理	バニシング条件			
			工具形状	工具半径 r_x (mm)	工具半径 r_y (mm)	押し付け荷重 (kgf)
1	SCM420H	浸炭(図2)	無し	-	-	-
2	SCM420H	浸炭窒化(図3)	無し	-	-	-
3	S55C	高周波(図4)	無し	-	-	-
4	SCM440H	浸炭+高周波(図5)	無し	-	-	-
5	SCM440H	浸炭窒化+高周波(図6)	無し	-	-	-
6	SCM420H	浸炭(図2)	ボール	1.0	1.0	1.50
7	SCM420H	浸炭(図2)	ボール	1.0	1.0	500
8	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	3.2	3	200
9	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	3.2	3	750
例	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	2.0	6	1.50
10	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	2.0	6	700
11	SCM420H	浸炭(図2)	ローラ	2.0	6	1.00
12	SCM420H	浸炭窒化(図3)	ボール	1.0	1.0	1.00
13	SCM420H	浸炭窒化(図3)	ローラ	3.2	3	750
14	S55C	高周波(図4)	ボール	1.0	1.0	500
15	S55C	高周波(図4)	ローラ	2.0	6	650
16	SCM440H	浸炭+高周波(図5)	ローラ	3.2	3	200
17	SCM440H	浸炭窒化+高周波(図6)	ローラ	2.0	6	750

【0031】

* * 【表3】

11

12

番号	バニシング後転動面Z○ 位置での硬度 (HV)	耐久結果 (時間)	耐久後陥没深さ (μm)
1	782	100時間以上	3
2	790	100時間以上	2
3	825	100時間以上	2
4	791	100時間以上	3
5	815	100時間以上	2
6	805	100時間以上	3
7	831	100時間以上	2
8	836	100時間以上	1
実 施 例	840	100時間以上	1
10	829	100時間以上	1
11	806	100時間以上	3
12	830	100時間以上	2
13	834	100時間以上	2
14	835	100時間以上	1
15	829	100時間以上	1
16	825	100時間以上	1
17	840	100時間以上	1
18	839	100時間以上	1
19	845	100時間以上	1

【0032】

* * 【表4】

13

14

番号	バニシング後転動面Zo 位置での硬度(HV)	耐久結果 (時間)	耐久後陥没深さ (μm)
1	705	70	12
2	680	75	15
3	809	69	10
4	733	61	14
5	695	64	16
6	724	85	9
7	868	46	2
比 較 例	733	73	9
9	870	51	2
10	729	88	10
11	866	50	3
12	701	89	10
13	863	55	2
14	878	49	2
15	865	52	3
16	733	83	9
17	870	52	3

【0033】

* * 【表5】

耐久試験条件	
接触面圧P _{max}	4.0 GPa
最大せん断応力深さ	0.6 mm
滑り率	1%以下
変速比	一定
潤滑油	トラクションオイル
潤滑油温	80°C

【0034】表1ないし表4より明らかなように、本発明の実施例1～10に示すとく浸炭焼き入れまたは浸

15

炭窒化焼入れ後に予めバニシング加工を施すことでZ○位置近傍部分を強化させておくことによって、耐久試験100時間経過後においても転動面の陥没が著しく少なく、剥離や割れなどの不具合の発生が大幅に低減され、転動疲労寿命や曲げ疲労強度に優れるものにできることが確かめられた。

【0035】また、本発明実施例11～13に示すごとく高周波焼入れ後に予めバニシング加工を施すことによって、転動面の陥没深さおよび寿命は浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後に予めバニシング加工を施したものと同等に優れたものであり、処理時間の短縮が可能であることを確認した。

【0036】さらに、本発明実施例14～19に示すごとく浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れを実施した後に予めバニシング加工を施すと、Z○位置近傍での硬度がさらに向上して転動面の陥没がより一層低減することが認められた。

【0037】これに対し、比較例1～5に示すごとくバニシング加工を実施しない場合には、実働時に最大面圧が付加されて転動面が陥没し、最大せん断応力発生深さZ○位置近傍を起点とする亀裂が発生して短時間で剥離や割れが生ずるものとなっていた。

【0038】また、比較例6、8、10、12、16のように、バニシング加工時の押しつけ荷重が小さい場合には実働時に最大面圧が付加され、バニシング加工時以上に塑性変形を生じるため十分な陥没低減が行えず、長寿命化が図れないことが認められた。

16

【0039】さらに、比較例7、9、11、13～15、17のように、バニシング加工時の押しつけ荷重が大きいと、過度に塑性変形および加工硬化を生じるため、材料が脆化して、曲げ疲労強度、ピッキング強度が低下し、短寿命で剥離したり、あるいは転動体に割れを生じたりするものとなっていた。

【図面の簡単な説明】

【図1】トロイダル式（転がり式）無段変速機の構造を示す断面説明図である。

10 【図2】本発明の実施例および比較例で採用したガス浸炭による表面硬化熱処理条件を示す説明図である。

【図3】本発明の実施例および比較例で採用したガス浸炭窒化による表面硬化熱処理条件を示す説明図である。

【図4】本発明の実施例および比較例で採用した高周波加熱による表面硬化熱処理条件を示す説明図である。

【図5】本発明の実施例および比較例で採用したガス浸炭および高周波加熱による表面硬化熱処理条件を示す説明図である。

20 【図6】本発明の実施例および比較例で採用したガス浸炭窒化および高周波加熱による表面硬化熱処理条件を示す説明図である。

【符号の説明】

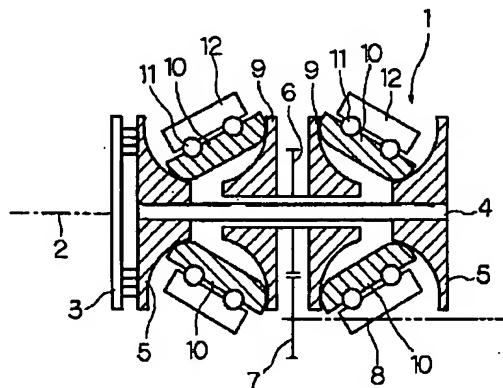
1 トロイダル式（転がり式）無段変速機

5 入力ディスク（転動体）

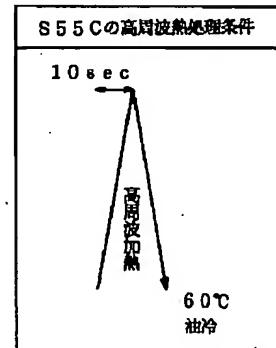
9 出力ディスク（転動体）

10 パワーローラ（転動体）

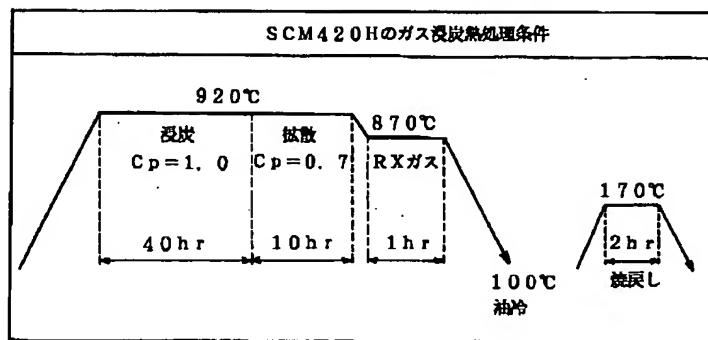
【図1】



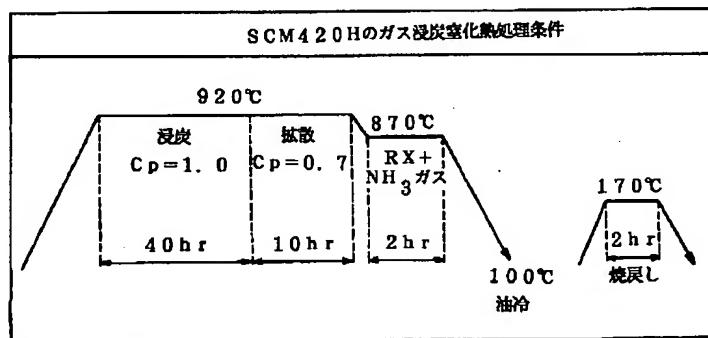
【図4】



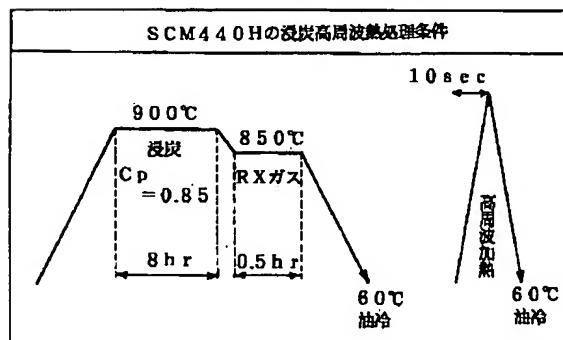
【図2】



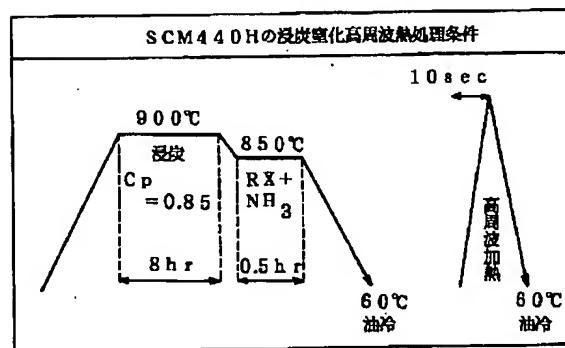
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 尾 谷 敬 造
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72)発明者 田 中 一 彦
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内